

群 教 セ	G04 - 04
	令5.284集
	理科 - 高

物理法則を活用しながら繰り返し検証する 探究活動の工夫

——「仮説・検証シート」の活用を通して——

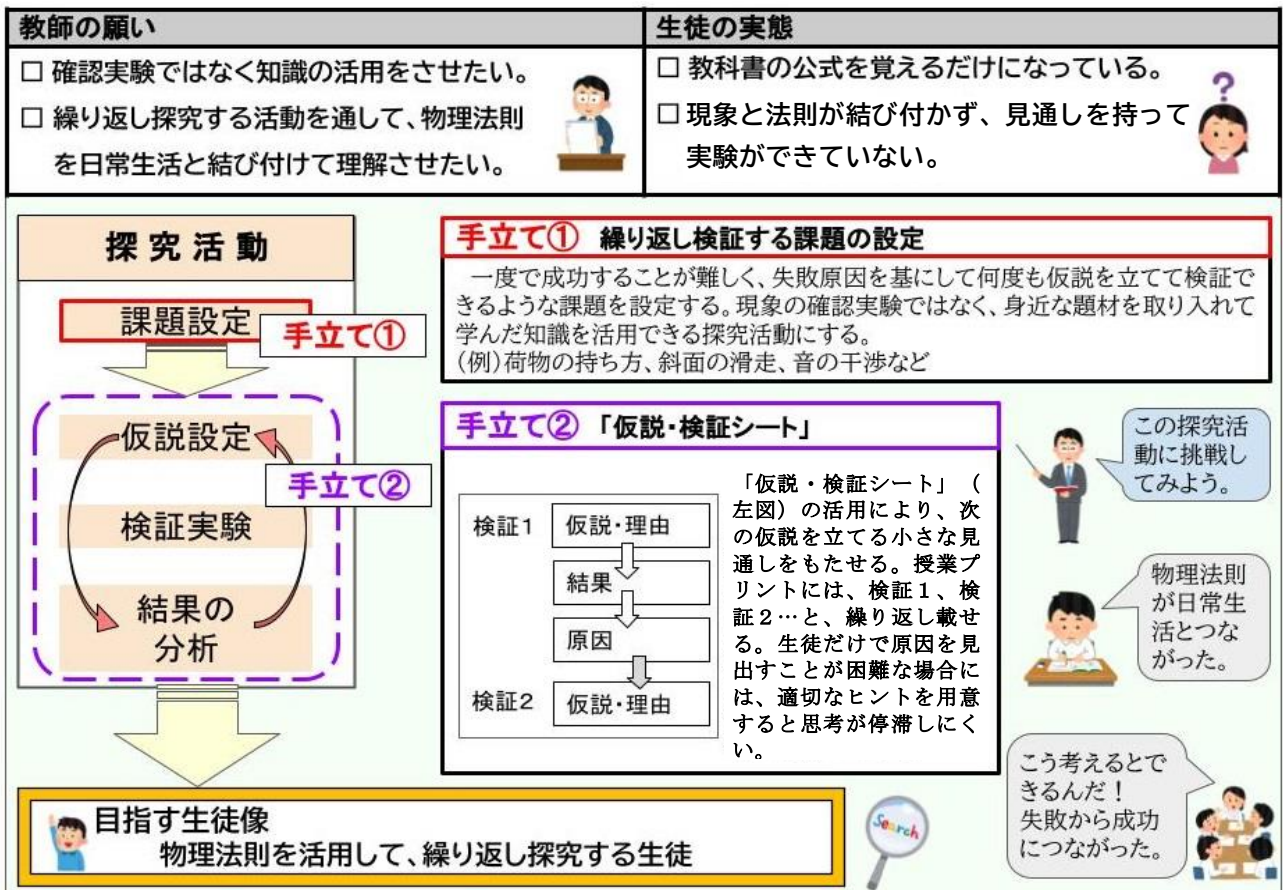
特別研修員 小柏 洋輔

I 研究テーマ設定の理由

何が起こるか分からない現代において、どのような課題に対しても論理的に物事を考えて解決していくために、探究する力を向上させる必要がある。高等学校学習指導要領解説理科編の目標に「理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究する」とあり、探究活動を取り入れ見通しをもって実験を行うことの重要性が示されている。物理の実験では法則の確認実験が多く、探究活動では仮説を立てるのは1回で、失敗を生かして何度も仮説を立てる実践は少ない。生徒は授業で学んだ法則を活用する機会が少なく、理屈を理解するよりも単語のように公式を覚えるだけになっている。実験ではデータの正誤に関心が強く、実験の成功や失敗の原因を考えるとなく終わっている。本研究では身近な題材で何度も検証を繰り返すような課題の設定と、失敗した原因から次の仮説を立てる「仮説・検証シート」の考案をし、小さな視点の見通しをもたせることに焦点を当てた。そして、日常生活と結び付けて知識を活用する探究活動を目指し、主題を設定した。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

- | |
|--------------------------|
| 手立て1 身近な題材を繰り返し検証する課題の設定 |
| 手立て2 繰り返し考えさせる「仮説・検証シート」 |

手立て1は、身近な題材を取り入れた探究活動に、繰り返し検証する課題を設定することで、生徒に様々な角度から物理学の基本となる概念や原理・法則を活用させることを目的としている。実験が失敗したままで終わらず、失敗の原因を生かして次の仮説を考えさせる探究活動を目指す。生徒が取り組みやすく日常生活と関連付けて考えることができるようにするために、身近な素材や題材を取り入れる。題材は生徒が様々な挑戦ができるものを選び、課題解決をすると知識のつながりをもてる課題がよい。実験が1回で成功できた生徒に対しては、理由を説明できるように深く考察させることで、知識と現象を緊密に結び付けることが可能であると思われる。

手立て2では、課題に対する仮説とその理由を記述させ、それを基に検証実験を行いながら課題を解決するための「仮説・検証シート」という思考ツールを考案した。プリントでは課題を明記し、使う法則を記述させることに加えて、仮説・理由、結果、原因を思考過程に沿って縦に並べて、視認性が高くなるよう工夫した。生徒に仮説を自由に考えさせる一方、検証実験が成功しなかった場合には失敗した原因を考えさせ、次の仮説を詳細に記述させることで、小さな視点の見通しをもたせる。検証実験の失敗原因が明確ではない場合、生徒の状況に応じて段階的なヒントを与える。失敗から原因を考え、より正確な仮説をたてる「仮説→検証→原因」サイクルを繰り返すことで、科学的な思考力を高め、考える楽しさを知り、見通しをもつ力を養うことが可能であると思われる。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 新しい試みとして、法則を単に確認する実験ではなく、法則を活用し繰り返し検証する課題を設定した結果、生徒が何度も試行錯誤する探究活動ができた。生徒にとっては難しい課題であったが、進んで最後まで粘り強く取り組んでいた。身近な題材を用いたことで、生徒は具体的なイメージをもちながら課題に取り組むことができた。
- 1回では正解が出ないような課題を設定した結果、失敗の原因を意図的に考え記述させる「仮説・検証シート」を、生徒が有効に活用している様子が見られた。失敗の原因から次の仮説を立て、小さな視点の見通しをもって検証実験ができていたため、目指す生徒像が現れていた。生徒の思考の助けになるように段階的なヒントを準備した結果、生徒が検証実験に失敗した原因を突き詰める助けになった。
- 生徒の感想に「実験が失敗して原因まで書くところがあるので、そこを考えることができよかった。」「失敗を生かしながらも最終的には正確な数値を求めることが出来たためよかった。次回のこういった活動でも互いに意見を出し合い、有意義な時間を過ごせるようにしたい。」「失敗から成功に導けた。実験に失敗はつきものだ実感した。」とあり、失敗の原因を丁寧に分析し、より正確な仮説を考える様子が見受けられた。「仮説・検証シート」に原因を記入する枠を設けたことで、生徒が意識的に原因を考えられたのだと思われる。生徒は検証実験の結果と自分の仮説の相違点を考え、物理法則を身近に感じる事ができていた。

2 課題

- 課題の難易度が高くなったことで、知識活用の探究活動が実現したが、原因を見いだすことに苦慮している生徒への支援を充実させる必要がある。
- 「仮説・検証シート」を用いて繰り返し検証する探究活動を継続的に行うためには、題材をさらに増やす必要がある。
- 活用した知識の定着度合いを測るための調査方法を検討し、その確認をすることが今後の課題である。

実践例

1 単元名 「仕事と力学的エネルギー」 (第2学年・2学期)

2 本単元について

本単元では、物体を力の向きに移動させたときに力が仕事をすることを学び、仕事の大きさだけでなく仕事の正負や、仕事率について理解する。次に、仕事をする能力をもつ現象として運動エネルギー、位置エネルギーについて学び、二つのエネルギーの関係から力学的エネルギー保存の法則を理解する。中学校の第3学年において、仕事とエネルギーの概念について学習を終えており、運動エネルギーや位置エネルギー、力学的エネルギーの保存について生徒は定性的な理解をしている。物理基礎における保存の考え方は、生徒にとって理解が難しい領域である。中学校と違い高校の物理基礎ではエネルギーという曖昧な概念を定量的に扱うため、イメージができず苦勞する生徒が多い単元である。保存力以外の力がはたらく場合の力学的エネルギーの変化では、更に理解に苦勞するところである。

力学的エネルギーの活用では、摩擦力という保存力以外の力がはたらく場合のエネルギーの出入りを考えさせる探究活動を通して、物理法則と日常生活との関連を意識させ、力学的エネルギーの変化に関する理解を深めさせたい。

以上のような考えから、本単元では以下のような指導計画を構想し実践した。

目標	力学的エネルギー保存の法則を理解して、力学的エネルギー保存の法則を日常生活と関連付け、日常生活の事象をエネルギーの観点から考えようとする。	
評価 規 準	(知識・技能)	力学的エネルギー保存の法則を導くことができ、式を立てることができる。
	(思考・判断・表現)	力学的エネルギーが保存されない場合の運動も、式を用いて考えることができる。
	(主体的に学習に取り組む態度)	課題に対して意欲的に仮説をたてて検証実験に取り組み、結果から次の検証に向けて分析している。
過程	時間	主な学習活動
課題 把握	第1時	・仕事と仕事率を理解する。
	第2時	・運動エネルギーを理解する。
	第3時	・位置エネルギーを理解する。
	第4時	・力学的エネルギー保存の法則を理解する。
課題 追求	第5時	・力学的エネルギー保存の法則を活用した探究活動を行う。
	第6時	・様々な運動における力学的エネルギーの式の使い方を考え、理解を深める。

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は全6時間計画の第5時に当たる。保存力以外の力がはたらく力学的エネルギーの変化を、探究活動を通して理解を深めさせたい。小さな視点の見通しをもちながら繰り返し検証するために、具体化した手立て1、2を以下に示す。

手立て1 生徒が取り組みやすく、身近な題材を取り入れた繰り返し検証する探究活動の設定

生徒が分かりやすい題材として、滑走台から飛び出してカップを目指すスライダーゴルフゲームを考案した。高さや水平距離は求めやすい長さにし、角度も計算が簡単になるように水辺面と斜面のなす角度は 45° とした。また、摩擦力を考慮しないとホールインワンできず、力学的エネルギー保存の法則だけでは求められないようにした。

手立て2 繰り返し考えさせる「仮説・検証シート」の工夫

失敗から原因を考えて次の仮説を考えられるように「仮説・検証シート」を作成し、思考段階に応じたヒントを用意した。今回使用した「仮説・検証シート」（図1）は、検証における失敗の原因を次の仮説につなげられるように、矢印を使用して思考の流れを視覚的に分かりやすく表現した。思考の流れが上から下に進むようになっており、生徒の思考が視覚的に追いやすく、整理しやすくなっている。思考の補助として、ヒントカード（図2）を四つ用意した。一回目の検証の後、摩擦力がする仕事の分だけ力学的エネルギーが損失していることに気付かせるヒントカードを用意し、それでも問題を解決できない生徒に対しては、解決を導くための関係式をヒントにして提供した。

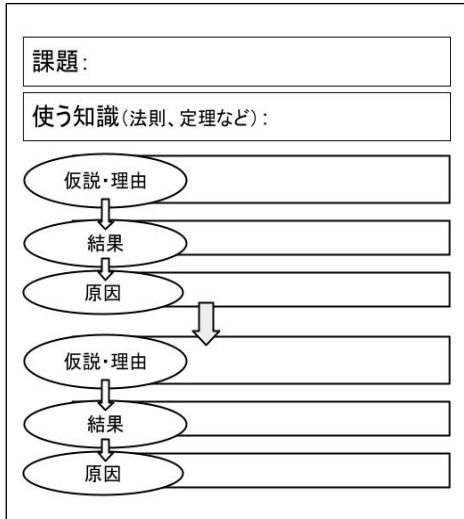


図1 「仮説検証シート」

ヒント1

○力学的エネルギー保存の法則
($K + U = \text{一定}$)

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

○水平投射の関係式
 $x = vt$ 、 $y = \frac{1}{2}gt^2$ より $y = \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v}\right)^2$
 $\rightarrow v^2 = \frac{gx^2}{2y}$

ヒント2

○保存力以外の仕事ははたらく場合の力学的エネルギーの変化
 $E_0 - E_1 = W$

○鉄球とレールとの動摩擦係数 $\mu' = 0.58$
(滑走距離は、ほぼ $\frac{h}{\sin \theta}$ とみなす。)

ヒント3

○動摩擦力 $f' = \mu' mg \cos \theta$

○力学的エネルギーの変化

$$\frac{1}{2}mv^2 - mgh = -\mu' mg \cos \theta \times L$$

$$v^2 = 2g(h - \mu' \cos \theta \times L)$$

(滑走台から滑り降りて水平に飛び出す時の速さをvとする)

ヒント4

○課題解決のための関係式

$$\frac{gx^2}{2y} = 2g\left(h - \mu' \cos \theta \times \frac{h}{\sin \theta}\right)$$

$$\rightarrow h = \frac{x^2}{4y\left(1 - \frac{\mu'}{\tan \theta}\right)}$$

図2 ヒントカード

4 授業の実際

力学的エネルギーを活用して、繰り返し検証できる探究活動を設定した。課題を、「力学的エネルギーの変化を考えながら、スライダーゴルフゲームで、ホールインワンを目指す！チャンスは2回」として、どの高さから小球を静かに滑走させるとノーバウンドで目標のカップに入るかを求める探究活動を行った。力学的エネルギーについては前時まで学習済みであり、問題演習を経ての探究活動になる。

(1) 身近な題材「スライダーゴルフゲーム」

今回身近な題材として考案した「スライダーゴルフゲーム」を図3、4のように設置した。身近な材料で誰でも簡単に作れるように、固定台やレールはホームセンターで手軽に入手できる物を選んだ。滑走面は木の板に固定して、スタンドで高さを調節するシンプルな構造にした。カップはペットボトルの底を利用し、緩衝材としてティッシュペーパーを入れた。計算しやすく高さを1.0m、斜面を45°、安全を考慮して高さの最大値は0.50mとした。



図3 スライダーゴルフゲーム

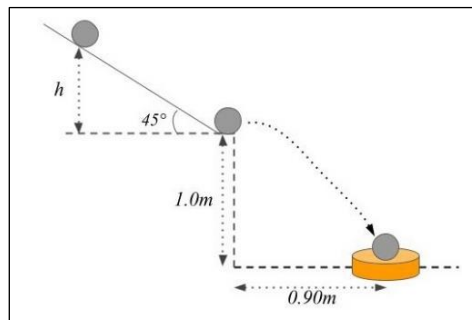


図4 スライダーゴルフゲーム模式図

(2) 授業の様子

生徒は周囲と相談しながら真剣に取り組み集中して計算をしていた（図5）。立てた仮説が正しいかを検証する実験の様子が図6である。1回目の検証では失敗したため、ヒントを基にして原因を考えて次の仮説を立てようと粘り強く取り組んでいた。2回目の検証では、計算結果を導き出した班があり、検証実験ではホールインワンを成功させることができた（図7）。



図5 生徒の様子



図6 検証一回目



図7 検証二回目

(3) 仮説・検証シート

授業プリントの生徒の記入例を図8に示す。検証1回目での結果は失敗だったことから、ヒントを基に「摩擦がはたらくため、力学的エネルギーは変化する」という原因を特定し、次の仮説を立てている。検証2回目の仮説における理由として「摩擦による仕事の量などを調べて導く」とあり、小さな見通しをもって検証できている様子が見て取れる。生徒はヒントや検証1の仮説を見直す中で失敗の原因を見付け、次の仮説を立てて課題解決に取り組んでいる様子が見られた。

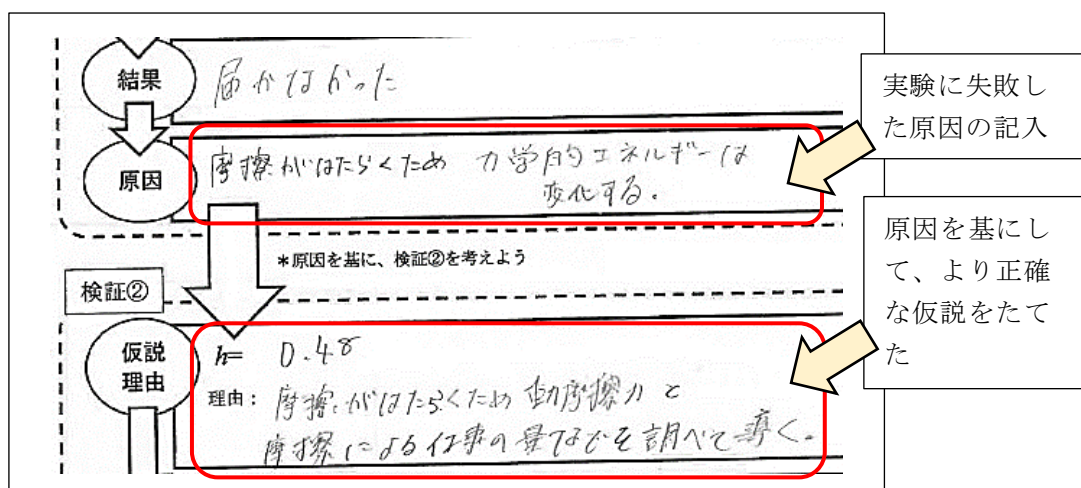


図8 生徒の記入例

5 考察

教師側が意図したとおり、繰り返し検証する探究活動を実施することができた。身近な題材を用いた課題を設定したことで、生徒は具体的なイメージをもち、諦めずに試行錯誤しながら課題に取り組むことができていた。学習した法則を確認する実験では、目の前の現象と法則との直接的な関連を考えることができる生徒はいなかった。しかし、目の前の現象に法則を適用することを通じて、生徒は物理を身近なものと感じ、物理法則を日常生活と関連付けて取り組むことができていた。ヒントに関しては、内容や提示のタイミングなど更なる工夫が必要であると感じた。今回考案した「仮説・検証シート」に関して、生徒は原因を可視化して認識できるようになり、自信をもって答えることができていた。失敗から仮説を立てる検証実験を繰り返す過程を継続することで、科学的に探究する力が更に向上すると考えられる。

一方で、失敗の原因をすぐに見いだすことができず、仮説を立てることに苦慮している生徒もいたため、「仮説・検証シート」を有効に活用するためには、課題の難易度調整やより有効なヒント

の工夫が必要であると感じた。繰り返し検証できる題材をさらに増やしていくこと、活用した知識の定着度合いを調査していくことが今後の課題である。

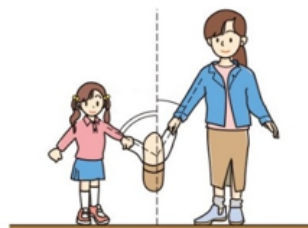
6 資料

【実践授業1】実践例と活動写真

■探究活動

- ・方法 力のつりあいを利用して、課題について仮説と理由を立てて検証実験を行い、その結果に対して原因や別の方法を考える。chromebookで班ごとに仮説・検証シートに入力する。
- ・準備 ばねばかり、金属リング、角度分析シート、おもり、クロームブック、その他
- ・課題

右図のように小さい子と二人で荷物をつり下げて持つ場合、小さい子が最小の力で持つ角度 θ ($0 \leq \theta \leq 90$) はいくつか？ただし、持ち上げることはしないものとする。



【実践授業2】授業プリント

物理基礎 (表)

探究活動_力学的エネルギー	実施日: / /
2年 組 番 名前	

☆学習したことを生かして、ホールインワンを目指せ☆

■探究活動

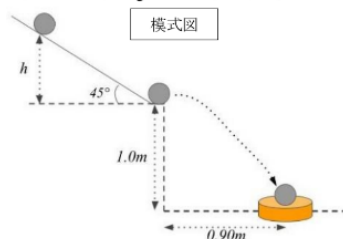
○方法 課題についてヒントを基にして、①仮説を考え、②仮説を基に検証実験を行い、③得られた結果に対して原因や別の方法を考える。仮説・検証シートに記入したものを、班ごとにJamboardに入力する。

○課題

力学的エネルギーの変化を考えながら、スライダークอล์ฟゲームで、ホールインワンを目指す！ ☆チャンスは2回☆

レールのどの位置(高さ)から小球を静かに落とすと、カップに入ってホールインワンを決められるかを、仮説・検証シートに記入しながら探究していく。

地面から滑走路の最下点までの高さは1.0m、滑走路からの水平距離は0.90m、小球は直径11mm、5.5gのものを使用する。



計算欄

○仮説・検証シート

課題: **力学的エネルギーの変化を考えながら、スライダークอล์ฟゲームで、ホールインワンを目指す！ ☆チャンスは2回☆**

使う知識(法則、定理など):

検証①

仮説理由

$h=$

理由:

結果

原因

*原因を基に、検証②を考えよう

検証②

仮説理由

$h=$

理由:

結果

原因

○結論

・高さ m でホールインワン!
・求め方